

AE

(19) World Intellectual Property Organization
International Bureau



(43) International Publication Date
31 July 2003 (31.07.2003)

PCT

(10) International Publication Number
WO 03/063401 A2

(51) International Patent Classification⁷: H04J 14/02, H04B 10/155

(21) International Application Number: PCT/US03/01782

(22) International Filing Date: 21 January 2003 (21.01.2003)

(25) Filing Language: English

(26) Publication Language: English

(30) Priority Data:
2002-3318 21 January 2002 (21.01.2002) KR

(71) Applicant (for all designated States except US): NOVERA OPTICS, INC. [US/US]; (a corporation of Delaware), 480 S. California Ave., Ste # 305, Palo Alto, CA 94306-1609 (US).

(72) Inventors; and

(75) Inventors/Applicants (for US only): LEE, Chang-Hee [KR/KR]; 110-102 Hanwol Apt., Shinsung-dong, Yuseong-gu, Taejeon (KR). CHU, Kwang-Uk [KR/KR]; 204-804 Ggumnamoo Apt., Dunsan-dong, Seo-gu, Taejeon (KR). OH, Tae-Won [KR/KR]; #402 136-1, Shinsung-dong, Yuseong-gu, Taejeon (KR).

(74) Agents: MALLIE, Michael, J. et al.; Blakely, Sokoloff, Taylor & Zafman LLP, 12400 Wilshire Boulevard, 7th floor, Los Angeles, CA 90025 (US).

(81) Designated States (national): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) Designated States (regional): ARIPO patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SI, SK, TR), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Declaration under Rule 4.17:

— of inventorship (Rule 4.17(iv)) for US only

Published:

— without international search report and to be republished upon receipt of that report

For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.

(54) Title: METHODS AND APPARATUSES TO PROVIDE A WAVELENGTH DIVISION-MULTIPLEXING PASSIVE OPTICAL NETWORK BASED ON WAVELENGTH-LOCKED WAVELENGTH-DIVISION-MULTIPLEXED LIGHT SOURCES

(57) Abstract: Various methods, systems, and apparatuses in which a wavelength-division-multiplexing passive-optical-network includes a first broadband light source and a second broadband light source. The first broadband light source supplies an optical signal containing a first band of wavelengths to a first plurality of optical transmitters. The second broadband light source supplies an optical signal containing a second band of wavelengths to a second plurality of optical transmitters. A fiber is used for bi-directional transmission of optical signals in at least two different wavelength bands.



WO 03/063401 A2

METHODS AND APPARATUSES TO PROVIDE A WAVELENGTH-DIVISION-MULTIPLEXING PASSIVE OPTICAL NETWORK BASED ON WAVELENGTH-LOCKED WAVELENGTH-DIVISION- MULTIPLEXED LIGHT SOURCES

RELATED APPLICATIONS

[001] This application claims the benefit of Korean Patent Application entitled "Wavelength-division-multiplexing passive optical network based on wavelength-locked wavelength-division-multiplexed light sources through injected incoherent light," Serial No. 2002-3318, filed January 21, 2002.

FIELD

[002] Embodiments of this invention relate to wavelength-division-multiplexing passive-optical-networks. More particularly, an aspect of an embodiment of this invention relates to wavelength-division-multiplexing passive-optical-networks using wavelength-locked light sources through injected incoherent light.

BACKGROUND

[003] Some wavelength-division-multiplexing-passive-optical-networks require precise wavelength alignment between the wavelengths of the signal from a transmitter in a central office to a device in a remote site distributing that signal to a subscriber. In a passive-optical-network, a remote node containing the signal-distributing device is typically located outdoors without

any electrical power supply. The transmission wavelength of the outdoor signal-distributing device can change according to the variation of the external temperature. Misalignment of the wavelength between the transmitted signal and the operating wavelength of the device distributing the signal introduces extra insertion loss in the signal.

[004] A possible way to minimize the misalignment can be to use a narrow-linewidth distributed feedback laser diode (DFB LD) as an optical transmitter to satisfy the wavelength alignment condition. However, this arrangement may not be an economic solution because of the high price of each DFB LD.

[005] Another passive optical network may use a broadband light emitting diode (LED) as an optical transmitter. However, the modulation bandwidth of the LED can be narrow, thereby, making it difficult to send data at a high bit rate. Moreover, long-distance transmission in a passive optical network can be difficult with an LED due to the inherent weak power output from an LED.

[006] Complex channel selection and temperature control circuits have been employed to compensate for the large insertion loss in optical signals passing through optical multiplexer/demultiplexers located in different locations. The operating wavelength of these devices can vary depending on the temperature of the device. However, the complexity of the channel selection circuit has the disadvantage that the complexity the circuit becomes greater and greater as the number of input ports of the circuit increases. Thus, the more channels being distributed by a

multiplexer/demultiplexer, then the more complex and expensive the channel selection and temperature control circuit becomes.

SUMMARY

[007] Various methods, systems, and apparatuses are described in which a wavelength-division-multiplexing passive-optical-network includes a first broadband light source and a second broadband light source. The first broadband light source supplies an optical signal containing a first band of wavelengths to a first plurality of optical transmitters. The second broadband light source supplies an optical signal containing a second band of wavelengths to a second plurality of optical transmitters. A fiber is used for bi-directional transmission of optical signals in at least two different wavelength bands.

[008] Other features and advantages of the present invention will be apparent from the accompanying drawings and from the detailed description that follows below.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

[009] The present invention is illustrated by example and not limitation in the figures of the accompanying drawings, in which like references indicate similar elements and in which:

Figure 1 illustrates a block diagram of an embodiment of a wavelength-division-multiplexing passive-optical-network based on wavelength-locked wavelength-division-multiplexed light sources;

Figure 2 illustrates a graph of an exemplary first band of wavelengths and a second band of wavelengths;

Figure 3 illustrates a block diagram of an embodiment of a protection device against degradation of the passive-optical-network when a fault occurs in either the first broadband light source or the second broadband light source; and

Figures 4a and 4b illustrate a flow diagram of an embodiment of the wavelength-division-multiplexing passive-optical-network.

DETAILED DESCRIPTION

[0010] In general, various wavelength-division-multiplexing passive-optical-network are described. For an embodiment, the wavelength-division-multiplexing passive-optical-network includes a first broadband light source and a second broadband light source. The first broadband light source supplies an optical signal containing a first band of wavelengths to a first plurality of optical transmitters. One or more of the optical transmitters receive a spectrally sliced signal from the first band of wavelengths to align an operating wavelength of that optical transmitter to the wavelengths within the spectrally sliced signal. The second broadband light source supplies an optical signal containing a second band of wavelengths to a second plurality of optical transmitters. One or more of the optical transmitters receive a spectrally sliced signal in the second band of wavelengths and align an operating wavelength of that optical transmitter to the wavelengths within the spectrally sliced signal. A fiber is used for bi-directional transmission of optical signals in at least two different wavelength bands. Other features,

aspects, and advantages of the present invention will be apparent from the accompanying drawings and from the detailed description that follows below.

[0011] Figure 1 illustrates a block diagram of an embodiment of a wavelength-division-multiplexing passive-optical-network based on wavelength-locked wavelength-division-multiplexed light sources. The wavelength-division-multiplexing passive-optical-network 100 includes a first location such as a central office, a second location remote from the first location such as a remote node, and a plurality of subscriber locations.

[0012] The example central office contains a first group of optical transmitters 101-103 emitting optical signals in a first band of wavelengths, a first group of optical receivers 104-106 to accept an optical signal in a second band of wavelengths, a first group of band splitting filters 107-109, a wavelength-tracking component 130, a first 1xn bi-directional optical multiplexer/demultiplexer 112, a first broadband light source 114, and a second broadband light source 113.

[0013] The first optical multiplexer/demultiplexer 112 spectrally slices a first band of wavelengths received from the first broadband light source 114 and demultiplexes a second band of wavelengths received from the second optical multiplexer/demultiplexer 116. Each optical transmitter in the first group of optical transmitters 101-103 receives a discrete spectrally sliced signal in the first band of wavelengths and aligns the operating wavelength of that optical transmitter to the wavelengths within the received spectrally sliced signal.

[0014] Each optical receiver in the first group of optical receivers 104-106 receives a discrete demultiplexed signal in the second band of wavelengths. The first multiplexer/demultiplexer 112 couples to a first group of band splitting filters 107-109.

[0015] A band splitting filter, such as the first broadband splitting filter 107, splits the first band of wavelengths and the second band of wavelengths signals to different ports. Each band splitting filter 107-109 couples to a given optical transmitter in the first group of optical transmitters 101-103 and a given optical receiver in the first group of optical receivers 104-106. For example, the first band splitting filter 107 couples a spectrally sliced signal in the first band of wavelengths to the first optical transmitter 101. Thus, if the wavelength of an input optical signal is in first band of wavelengths, the output signal from the first band splitting filter 107 is passed to the port parallel to the input port. The first band splitting filter 107 couples a demultiplexed signal in the second band of wavelengths to the first optical receiver 104. Thus, in the case that the wavelength of input signal is in the second band of wavelengths, the output port is orthogonal to the input direction.

[0016] The example remote node contains a second 1xn bi-directional optical multiplexer/demultiplexer 116. The second 1xn bi-directional optical multiplexer/demultiplexer 116 connects to the central office via a single optical fiber 128. The second 1xn optical multiplexer/demultiplexer 116 multiplexes and demultiplexes bi-directionally both the broadband optical signal containing the first band of wavelengths and the broadband optical

signal containing the second band of wavelengths. The second 1xn optical multiplexer/demultiplexer 116 spectrally slices the second band of wavelengths from the second broadband light source 113.

[0017] Generally, multiplexing may be the combining of multiple channels of optical information into a single optical signal. Demultiplexing may be the disassembling of the single optical signal into multiple discrete signals containing a channel of optical information. Spectral slicing may be the dividing of a band of wavelengths into small periodic lines of wavelengths.

[0018] Each example subscriber location, for example, the first subscriber location, contains a band splitting filter 117, an optical transmitter 123 to emit optical signals in the second band of wavelengths, and an optical receiver 120 to receive optical signals in the first band of wavelengths. The second multiplexer/demultiplexer 116 to demultiplex the first band of wavelengths and spectrally slice the second band of wavelengths. The second multiplexer/demultiplexer sends these signals to each band splitting filter 117-119. The band splitting filters 117-119 function to split the input signal to an output port according to the input signal band. Each optical transmitter, such as the second optical transmitter 123, receives the spectrally sliced signal in the second band of wavelengths and aligns its operating wavelength for that optical transmitter to the wavelengths within the spectrally sliced signal. Each subscriber communicates with central office with a different spectral slice within the second band of wavelengths.

[0019] A 2x2 optical coupler 115 operating in both the first band of wavelengths and the second band of wavelengths couples the first broadband light source 114 and the second broadband light source 113 to the single fiber 128. The 2x2 optical coupler 115 splits the whole second band of wavelengths emitted by the second broadband light source 113. The optical power directed into the first broadband light source 114 is terminated, while the other power propagates along the optical fiber cable so that each subscriber's optical transmitter gets the broadband of light sliced by the 1xn optical multiplexer/demultiplexer 116 at the remote node.

[0020] The first broadband light source 114, such as an amplified-spontaneous-emission source, supplies the first band of wavelengths of light to a given optical transmitter in the first group of optical transmitters 101-103 to wavelength lock the transmission wavelength of that optical transmitter. Thus, the range of operating wavelengths for the group of transmitters 101-103 in the central office is matched to the operating wavelengths of the first multiplexer/demultiplexer 112 in the central office via the injection of these spectrally sliced signals into each of these transmitters in the first group of optical transmitters 101-103. The wavelength locking of the each optical transmitter to the particular spectral slice passed through the band splitting filter solves the large power loss on up-stream signals in the 1xn optical multiplexer/demultiplexer 112 due to the wavelength detuning depending on the temperature variation in the device at the remote node. In this way, the large power loss due to the misalignment between the wavelength of the

signal from an optical transmitter 101-103 and the transmission wavelength of the multiplexer/demultiplexer 112 at the central office is minimized.

[0021] Similarly, the second broadband light source 113 supplies the second band of wavelengths of light to a given optical transmitter 123-125 to wavelength lock the transmission wavelength of that optical transmitter in the second group. Thus, the operating wavelengths of the second group of transmitters 123-125 in the subscriber's local is matched to the range of operating wavelengths for the second multiplexer/demultiplexer 116 via the injection of these spectrally sliced signal into each of these transmitters in the second group of optical transmitters. The wavelength locking of the each optical transmitter to the particular spectral slice passed through the band splitting filter solves the large power loss on up-stream signals in the 1xn optical multiplexer/demultiplexer 116 due to the wavelength detuning depending on the temperature variation in the device at the remote node. In this way, the large power loss due to the misalignment between the wavelength of the signal from an optical transmitter 123~125 and the transmission wavelength of the multiplexer/demultiplexer 116 at the remote node is minimized.

[0022] Analogously, the wavelength-tracking component 130 matches the transmission wavelength of the first multiplexer/demultiplexer 112 to the transmission wavelength of a second multiplexer/demultiplexer 116. The wavelength-tracking component 130 has an electrical or optical power combiner 110. The power combiner 110 measures the strength of the output signal received from the optical receivers 104-106 at central office after the second band of wavelengths passes through the first multiplexer/demultiplexer 112. A temperature controller 111 couples to the

power combiner 110. The temperature controller 111 controls the operating temperature of the optical multiplexer/demultiplexer 112 at central office. The temperature controller 111 may dither the operating temperature of the first multiplexer/demultiplexer 112 to achieve substantially a maximum power output of the power combiner 110. The maximum power output of the power combiner 110 represents substantially the best match of transmission wavelengths for both multiplexer/demultiplexers 112, 116. The power combiner 110 may measure the strength of a particular receiver or a group of receivers. The temperature controller 111 acts to control the operating wavelengths of the passband for each channel of the first multiplexer/demultiplexer 112. The mechanism to control the operating wavelengths of the passband for each channel of the first multiplexer/demultiplexer 112 may also be a strain controller, voltage controller or other similar device.

[0023] For an embodiment, an optical-passive-network consists of only non-power supplied passive optical devices without any active devices between the central office and optical subscribers. The topology structure of the optical distribution network may be a star topology that has the remote node with the optical multiplexer/demultiplexer placed near the subscribers, and plays a role to relay communications with the central office through a single optical fiber and to distribute signals to and from each of the subscribers through their own optical fiber.

[0024] As discussed, the wavelength-division-multiplexing passive-optical-network 100 may use different wavelength bands in down-stream

signals, such as the first band of wavelengths, and up-stream signals, such as the second band of wavelengths. The down-stream signals may represent the signals from optical transmitters 101-103 in the central office to the subscribers and the up-stream signals may represent the signals from optical transmitters 123-125 in the subscribers to the central office. The wavelengths of the down-stream signals may be, for example, $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ and the up-stream signals would be $\lambda_1^*, \lambda_2^*, \lambda_n^*$ but carried in a different band of wavelengths, where λ_1 and λ_1^* are separated by the free spectral range of the multiplexer/demultiplexer.

[0025] As discussed, the 1x n optical multiplexer/demultiplexer 116 has the function that an optical signal from a port in the left side is demultiplexed to the n number of ports in the right side. Further, the optical signals from the n-ports in the right side are multiplexed to a port in the left side simultaneously. The 1x n optical multiplexer/demultiplexer 116 spectrally splices the second band of wavelengths into narrow spectral widths of wavelengths. Because the optical multiplexer/demultiplexer can be operated on more than two bands of wavelengths, the bi-directionally propagated up-stream signals and down-stream signals in different bands can be multiplexed and demultiplexed at the same time. Each of the bands of wavelengths operated on by the optical multiplexer/demultiplexer may be offset by one or more intervals of the free spectral range of the optical multiplexer/demultiplexer.

[0026] Each optical transmitter may be directly modulated by , for example, electrical current modulation to embed information onto the specific

wavelength transmitted by that optical transmitter. For an embodiment, one or more of the optical transmitters may be a Fabry-Perot semiconductor laser that are injected with the spectrum-sliced broadband incoherent light from an amplified-spontaneous-emission light source. For an embodiment, one or more of the optical transmitters may be a wavelength-seeded reflective semiconductor optical amplifier (SOA). One or more of the optical transmitters support high bit-rate modulation and long-distance transmission. A reflective SOA may also act as the modulation device. The optical transmitters may be modulated, wavelength locked using wavelength seeding, provide signal gain for the wavelengths within the spectral slice and increase the extinction ratio between the injected wavelengths and wavelengths outside the spectral slice.

[0027] For an embodiment, a broadband light source may be a light source based on semiconductor optical amplifiers, a light source based on rare-earth ion-doped optical fiber amplifiers, a light emitting diode, or similar device. The broadband light source may provide light with any kind of characteristic such as coherent or incoherent light.

[0028] For an embodiment, an optical multiplexer/demultiplexer can be achieved by an arrayed waveguide grating including an integrating waveguide grating, a device using thin-film filters, a diffraction grating, or similar device. The optical multiplexer/demultiplexer can also be a dielectric interference filter or similar device.

[0029] For an embodiment, a wavelength-seeded optical source injected with the incoherent light minimizes the loss of a portion of a signal because

of the characteristic of a multiplexer/demultiplexer to pass only wavelengths within a set channel passband. The wavelength tracking of the operating wavelengths of both of the multiplexer/demultiplexers assists in minimizing due to wavelength misalignment between these devices.

[0030] Figure 2 illustrates a graph of an exemplary first band of wavelengths and a second band of wavelengths. The graph shows wavelengths 232 in nanometers horizontally across the graph and optical power 234 of a particular wavelength vertically. The example first band of wavelengths 236 spans from 1534 nanometers to 1546 nanometers with a center wavelength of 1540. The example second band of wavelengths 238 spans from 1552 nanometers to 1564 nanometers with a center wavelength of 1558. A free spectral range 240 of approximately 18 nanometers separates the wavelengths within the two bands of wavelengths 236, 238. For example, λ_1^* at 1552 nanometers is offset from λ_1 at 1534 nanometers by 18 nanometers. The example λ_n^* at 1564 is offset from λ_n by 18 nanometers. The optical multiplexer/demultiplexer in the remote node spectrally slices the second band of wavelengths 238 into, for example, .4 nanometer spectral slices. Each different spectral slice is output via a different port in the multiplexer/demultiplexer to an individual subscriber.

[0031] For example, a first spectral slice 250 in the second band of wavelengths may go to the optical transmitter in subscriber number 1. The second spectral slice 252 the second band of wavelengths may go to the optical transmitter in subscriber number 2. Through the wavelength-seeding, the optical transmitter wavelength locks with the first spectral slice 250 in the

second band of wavelengths. The optical transmitter aligns and provides lasing action for the wavelengths in the first spectral slice 250. Further, the optical multiplexer/demultiplexer in the remote node may demultiplex the downstream channels from the optical multiplexer in the central office. The first channel 254 in the first band of wavelengths 236 may be demultiplexed to a band splitting filter and the optical receiver in subscriber number 1. The second channel 256 in the first band of wavelengths 236 may be demultiplexed to a band splitting filter and the optical receiver in subscriber number 2.

[0032] For an embodiment, the first band of wavelengths may be a standard band of wavelengths designated for telecommunications, such as the C band 1525-1560 nanometers. The second band of wavelengths may be a standard band of wavelengths designated for telecommunications that differs from the standard band of wavelengths designated for telecommunications being used by the first band of wavelengths, such as the L band 1570-1620 nanometers.

[0033] Alternatively, the second band of wavelengths may be a band of wavelengths having a wavelength offset of a free spectral range between 5-100 nanometers. The spectral separation between the first band of wavelengths and the second band of wavelengths should be great enough to prevent the occurrence of interference between the filtered spectrally sliced downstream signal to a subscriber and the filtered upstream signal from that subscriber.

[0034] Figure 3 illustrates a block diagram of an embodiment of a protection device against degradation of the passive-optical-network when a fault occurs in either the first broadband light source or the second broadband light source. When a fault in the first broadband light source or the optical signal containing the first band of wavelengths 303 is detected, for instance, a 1x2 optical switch 306 changes the path from the first broadband light source to an alternate optical signal containing the first band of wavelengths such as the third broadband light source 302. Also, a 1x2 optical switch 307 may switch the broadband light source from the second band light source 304 to the fourth broadband light source 305. Each broadband light source 302-305 may have an isolator to prevent signals coming from the optical coupler to enter that broadband light source.

[0035] Figures 4a and 4b illustrate a flow diagram of an embodiment of the wavelength-division-multiplexing passive-optical-network. For an embodiment, the passive-optical-network passes upstream and downstream signals between a first location and a second location remote from the first location.

[0036] In block 402, the passive-optical-network supplies an optical signal containing a first broadband band of wavelengths to a first multiplexer/demultiplexer from a source such as an amplified-spontaneous-emission light source.

[0037] In block 404, the passive-optical-network spectrum slices the first broadband of wavelengths with the first multiplexer/demultiplexer.

[0038] In block 406, the passive-optical-network supplies the spectrally sliced wavelengths to a first group of optical transmitters in order to control the transmission output wavelength in the first band of wavelengths that is generated by one or more optical transmitters in the first group. Each optical transmitter self-aligns the operating wavelength of that optical transmitter to the wavelengths within a spectral slice received from the first multiplexer/demultiplexer.

[0039] For an embodiment, the transmitters in a first location, such as a supervisory node, generate the down-stream signals. The down-stream signals pass through its band splitting filter. The $1 \times n$ optical multiplexer/demultiplexer in the supervisory node wavelength-division multiplexes the down stream signals. An $n \times n$ optical coupler splits those downstream signals. The signals forced into the first broadband light source are terminated, while the other signals are bound for each optical subscriber after being demultiplexed by the $1 \times n$ optical multiplexer/demultiplexer located at the remote node. At the subscriber side, the signals are passed through band splitting filter and reach the optical receivers.

[0040] In block 408, the passive-optical-network supplies a broadband optical signal containing a second band of wavelengths to a second multiplexer/demultiplexer.

[0041] In block 410, the passive-optical-network spectrally slices the second broadband of wavelengths with the second multiplexer/demultiplexer.

[0042] In block 412, the passive-optical-network supplies the spectrally sliced wavelengths to a second group of optical transmitters in order to control the transmission output wavelength in the second band of wavelengths that is generated by one or more optical transmitters in the second group. Each optical transmitter self-aligns the operating wavelength of that optical transmitter to the wavelengths within a spectral slice received from the second multiplexer/demultiplexer. The first multiplexer/demultiplexer may be located in a first location such as supervisory node and the second multiplexer/demultiplexer may be located in a second location remote from the first location, such as a remote node.

[0043] For an embodiment, the upstream-signals depart from the optical transmitters in the subscriber side, pass through band splitting filters and are multiplexed by a 1xn optical multiplexer/demultiplexer at the remote node. The nxn optical coupler splits the multiplexed signals after passing through the optical fiber cable. The upstream signals split into the second broadband light source 113 are terminated, while the other up-stream signals continue to propagate to optical receivers at the supervisory node via a 1xn optical multiplexer/demultiplexer.

[0044] In block 414, the passive-optical-network tracks the optical power of the second band of wavelengths received at the first location after passing through the first multiplexer/demultiplexer and adjusts the transmission band of wavelengths passed by the first multiplexer/demultiplexer based upon achieving substantially maximum power for that second band of wavelengths.

[0045] In block 416, the passive-optical-network may switch to an alternate source for the optical signal containing the first broadband band of wavelengths if a fault is detected with an original source for the optical signal containing the first broadband band of wavelengths. Similarly, the passive-optical-network may switch to an alternate source for the optical signal containing the second broadband band of wavelengths if a fault is detected with an original source for the optical signal containing the second broadband band of wavelengths.

[0046] Note, the specific numeric reference should not be interpreted as a literal sequential order but rather interpreted that the first band of wavelength is different than a second band of wavelengths. Thus, the specific details set forth are merely exemplary.

[0047] In the forgoing specification, the invention has been described with reference to specific exemplary embodiments thereof. It will, however, be evident that various modifications and changes may be made thereto without departing from the broader spirit and scope of the invention as set forth in the appended claims. For example, a single device may provide the function of both the first broadband light source and the second broadband light source; the WDM PON may use more than two different bands of wavelengths; each multiplexer/demultiplexer may be an athermal an arrayed waveguide grating; an optical transmitter may be operated continuous wave and modulated by an external modulator, etc. The specification and drawings are, accordingly, to be regarded in an illustration rather than a restrictive sense.

CLAIMS

We claim:

1. A system; comprising:

a wavelength-division-multiplexing passive-optical-network including

a first broadband light source to supply an optical signal containing a first band of wavelengths to a first plurality of optical transmitters;
a second broadband light source to supply an optical signal

containing a second band of wavelengths to a second plurality of optical transmitters; and

a fiber for bi-directional transmission of optical signals in at least two different wavelength bands.

2. The system of claim 1, further comprising:

a optical coupler operating in both the first band of wavelengths and the second band of wavelengths, wherein the first broadband light source and the second broadband light source couple to the fiber through the optical coupler.

3. The system of claim 1, further comprising:

a third spare broadband light source, and
an optical switch to couple the third broadband light source to the wavelength-division-multiplexing passive-optical-network if a fault is detected in the first broadband light source.

4. The system of claim 1, further comprising:

a wavelength tracking component having a power combiner to measure the strength of the second band of wavelengths after passing through an optical multiplexer/demultiplexer, and

a temperature controller to control an operating temperature of the optical multiplexer/demultiplexer to maximize the output of the power combiner.

5. The apparatus of claim 1, further comprising:

a first optical multiplexer/demultiplexer to multiplex and demultiplex bi-directionally both the optical signal containing the first band of wavelengths and the optical signal containing the second band of wavelengths; and

a second optical multiplexer/demultiplexer to multiplex and demultiplex bi-directionally both the optical signal containing the first band of wavelengths and the optical signal containing the second band of wavelengths.

6. An apparatus, comprising:

a wavelength-division-multiplexing passive-optical-network including

a first optical transmitter to emit an optical signal in a first band of wavelengths;

a second optical transmitter to emit an optical signal in a second band of wavelengths;

a first optical receiver to accept the optical signal in the first band of wavelengths;

a second optical receiver to accept the optical signal in the second band of wavelengths;

a first broadband light source supplying the first band of wavelengths to the first optical transmitter to wavelength lock the transmission wavelength of the first optical transmitter; and

a second broadband light source supplying the second band of wavelengths of light to the second optical transmitter to wavelength lock the transmission wavelength of the second optical transmitter.

7. The apparatus of claim 6 further comprising

a first band splitting filter to split the first band of wavelengths and the second band of wavelengths signals to different ports, a first port couples to the first optical transmitter and a second port couples to the second optical receiver.

8. The apparatus of claim 6, further comprising:

a first optical multiplexer/demultiplexer to multiplex and demultiplex bi-directionally both the optical signal containing the first band of wavelengths and the optical signal containing the second band of wavelengths.

9. The apparatus of claim 8, further comprising:

a second optical multiplexer/demultiplexer to multiplex and demultiplex bi-directionally both the optical signal containing the first band of wavelengths and the optical signal containing the second band of wavelengths.

10. The apparatus of claim 8, further comprising:

a wavelength tracking component having a power combiner to measure a strength of an output signal of the first optical receiver, and

a temperature controller to control the operating temperature of the first optical multiplexer/demultiplexer to maximize the strength of the output signal.

11. The apparatus of claim 6, wherein the first optical transmitter is located in a first location and the second optical transmitter is located in a second location remote from the first location.

12. The apparatus of claim 6, wherein the first broadband light source is a light source based on a semiconductor optical amplifier.
13. The apparatus of claim 6, wherein the first broadband light source is a light source based on an optical fiber amplifier.
14. The apparatus of claim 6, wherein the first broadband light source is a light emitting diode.
15. The apparatus of claim 6, wherein the first optical multiplexer/demultiplexer is an arrayed waveguide grating.
16. The apparatus of claim 6, wherein the first optical transmitter is a Fabry Perot laser diode.
17. The apparatus of claim 6, wherein the first optical transmitter is a reflective semiconductor amplifier.
18. The apparatus of claim 6, further comprising:
 - a third broadband light source, and
 - an optical switch to couple the third broadband light source to the first optical transmitter if a fault is detected in the first broadband light source.
19. The apparatus of claim 6, wherein the first band of wavelengths comprises a first standard band of wavelengths designated for telecommunications.
20. The apparatus of claim 19, wherein the second band of wavelengths comprises a second standard band of wavelengths designated for

telecommunications that differs from the first standard band of wavelengths designated for telecommunications being used by the first band of wavelengths.

21. The apparatus of claim 6, wherein the second band of wavelengths comprises a band of wavelengths having a spectral separation of between 5-100 nanometers apart from a peak wavelength of the first band of wavelengths.

22. A method, comprising:

- supplying an optical signal containing a first band of wavelengths to a first multiplexer/demultiplexer;

- spectrum slicing the first band of wavelengths with the first multiplexer/demultiplexer;

- supplying the spectrally sliced wavelengths to a first group of optical transmitters in order to align an operating wavelength of one or more of the optical transmitters in the first group to wavelengths within a spectral slice received from the first multiplexer/demultiplexer;

- supplying an optical signal containing a second band of wavelengths to a second multiplexer/demultiplexer;

- spectrum slicing the second band of wavelengths with the second multiplexer/demultiplexer; and

- supplying the spectrally sliced wavelengths to a second group of optical transmitters in order to align an operating wavelength of one or more

of the optical transmitters in the second group to wavelengths within a spectral slice received from the second multiplexer/demultiplexer.

23. The method of claim 22, wherein the first multiplexer/demultiplexer is located in a first location and the second multiplexer/demultiplexer is located in a second location remote from the first location.

24. The method of claim 23, further comprising:

tracking an optical power of the second band of wavelengths received at the first location after passing through the first multiplexer/demultiplexer; and

adjusting the transmission band of wavelengths passed by the first multiplexer/demultiplexer based upon achieving substantially maximum power for the received second band of wavelengths.

25. The method of claim 22, further comprising:

switching to an alternate source for the optical signal containing the first broadband band of wavelengths if a fault is detected with an original source for the optical signal containing the first broadband band of wavelengths.

26. An apparatus, comprising:

means for supplying an optical signal containing a first band of wavelengths to a first multiplexer/demultiplexer;

means for spectrum slicing the first band of wavelengths with the first multiplexer/demultiplexer;

means for supplying the spectrally sliced wavelengths to a first group of optical transmitters in order to align an operating wavelength of one or more of the optical transmitters in the first group to wavelengths within a spectral slice received from the first multiplexer/demultiplexer;

means for supplying an optical signal containing a second band of wavelengths to a second multiplexer/demultiplexer;

means for spectrum slicing the second band of wavelengths with the second multiplexer/demultiplexer; and

means for supplying the spectrally sliced wavelengths to a second group of optical transmitters in order to align an operating wavelength of one or more of the optical transmitters in the second group to wavelengths within a spectral slice received from the second multiplexer/demultiplexer.

27. The apparatus of claim 26, wherein the first multiplexer/demultiplexer is located in a first location and the second multiplexer/demultiplexer is located in a second location remote from the first location.

28. The apparatus of claim 27, further comprising:

means for tracking an optical power of the second band of wavelengths received at the first location and adjusting the transmission band of wavelengths passed by the first multiplexer/demultiplexer based

upon achieving substantially maximum power for the received second band of wavelengths.

29. The method of claim 26, further comprising:

means for switching to an alternate source for the optical signal containing the first broadband band of wavelengths if a fault is detected with an original source for the optical signal containing the first broadband band of wavelengths.

30. An apparatus; comprising:

a wavelength-division-multiplexing passive-optical-network including a first optical multiplexer/demultiplexer to spectrally slice a first band of wavelengths and to demultiplex a second band of wavelengths;

an optical transmitter to receive a first spectrally sliced signal in the first band of wavelengths and to align an operating wavelength of that optical transmitter to a wavelengths within the first spectrally sliced signal; and

an optical receiver to receive a second signal in the second band of wavelengths.

31. The apparatus of claim 30, further comprising:

a band splitting filter, the band splitting filter to couple the first spectrally sliced signal in the first band of wavelengths to the optical transmitter and the second signal in the second band of wavelengths to the optical receiver.

32. The apparatus of claim 30, further comprising:

a wavelength tracking component to match a transmission wavelength of the first multiplexer/demultiplexer to a transmission wavelength of a second multiplexer/demultiplexer in a location remote from the first multiplexer/demultiplexer.

33. The apparatus of claim 30, wherein the first optical multiplexer/demultiplexer is a dielectric interference filter.

34. The apparatus of claim 30, further comprising:

a first broadband light source supplying the first band of wavelengths;
a second broadband light source supplying the second band of wavelengths; and

an optical coupler operating in both the first band of wavelengths and the second band of wavelengths, wherein the optical coupler couples the first broadband light source and the second broadband light source to the first optical multiplexer/demultiplexer.

1/5

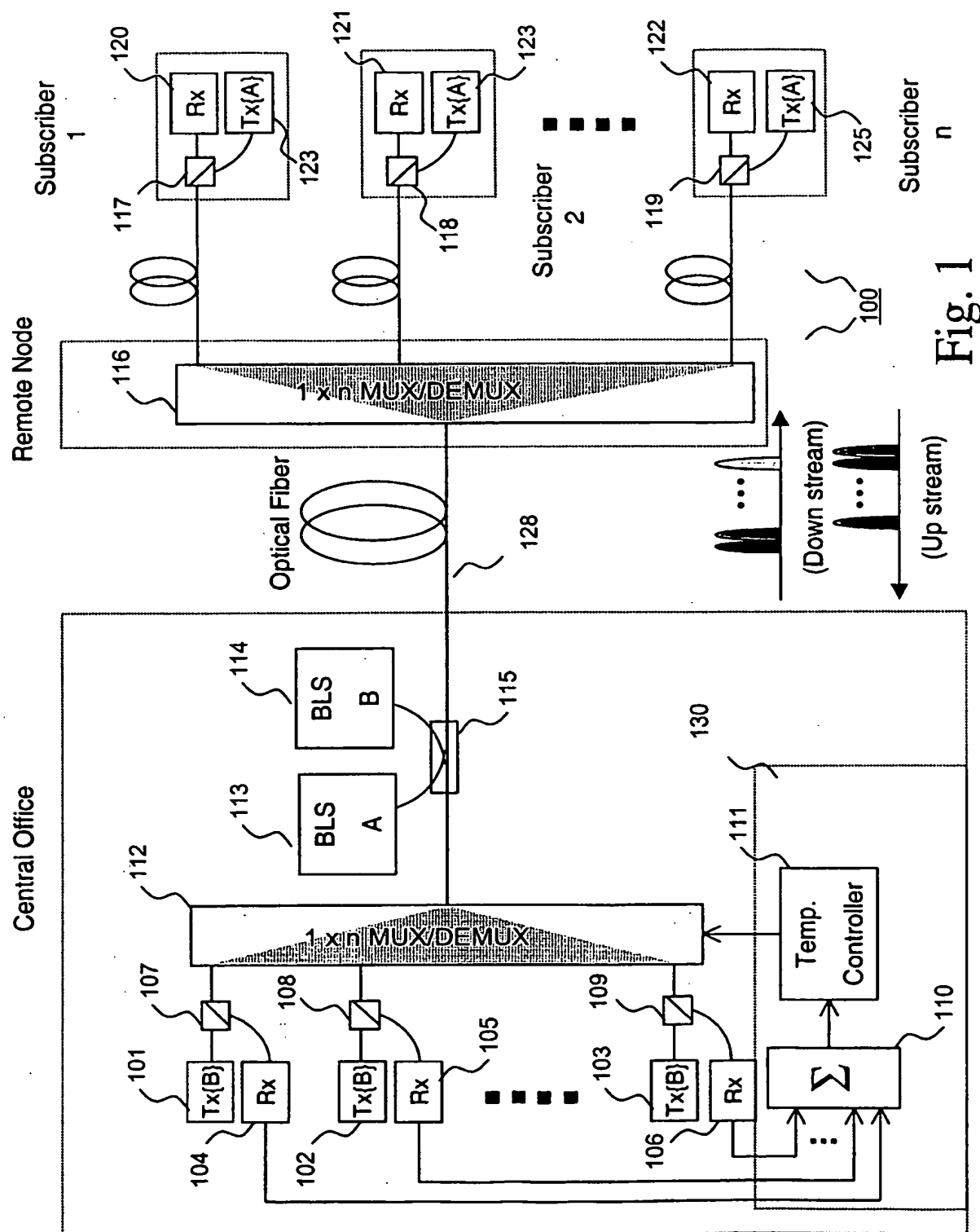


Fig. 1

2/5

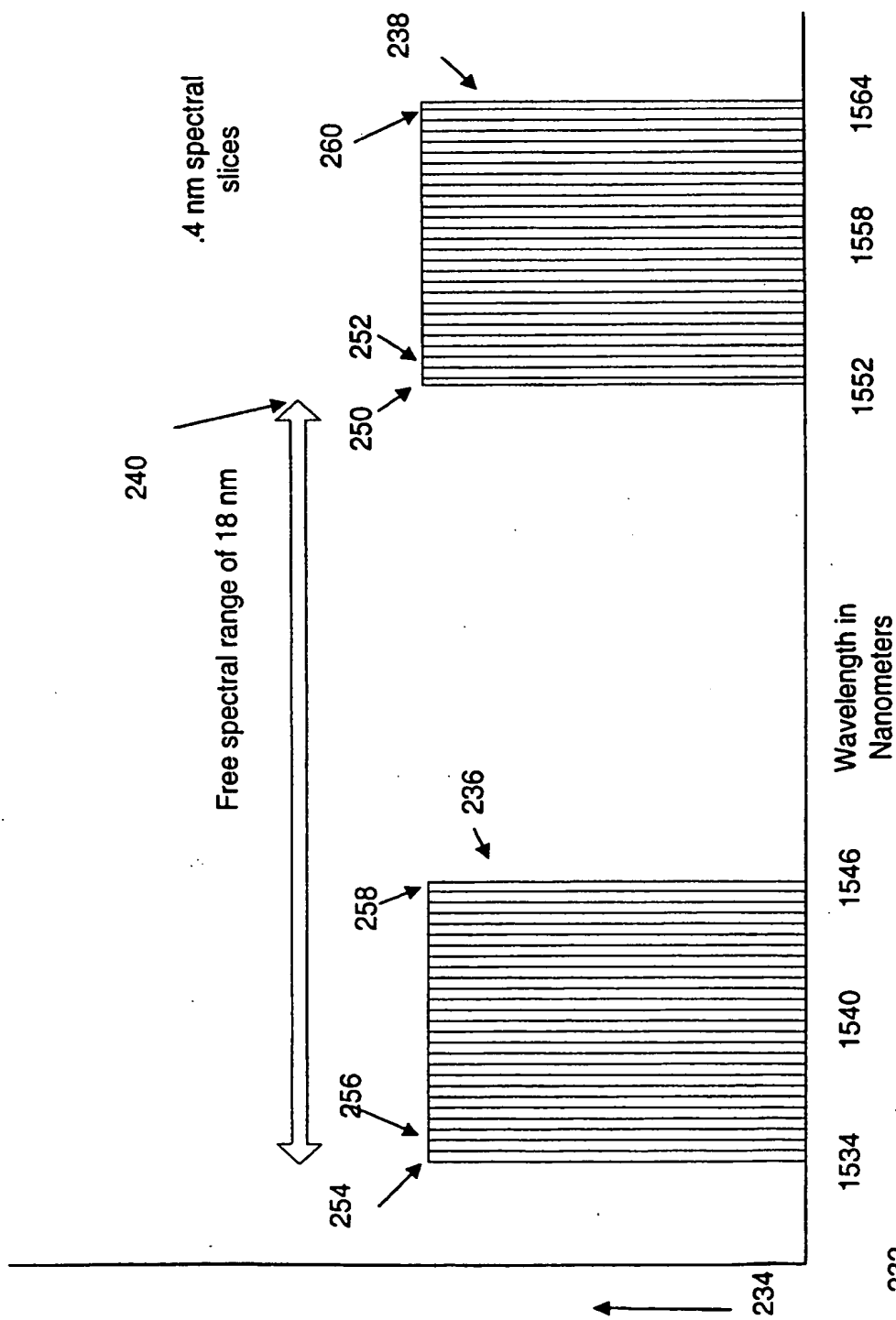


Figure 2

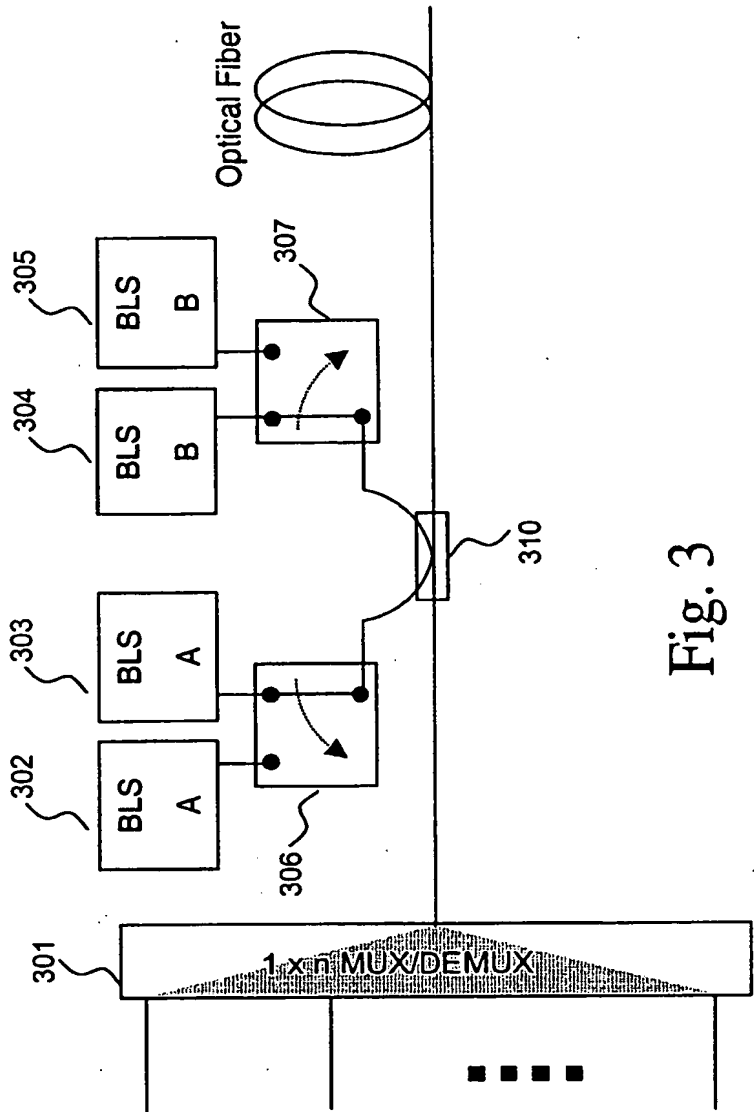


Fig. 3

4/5

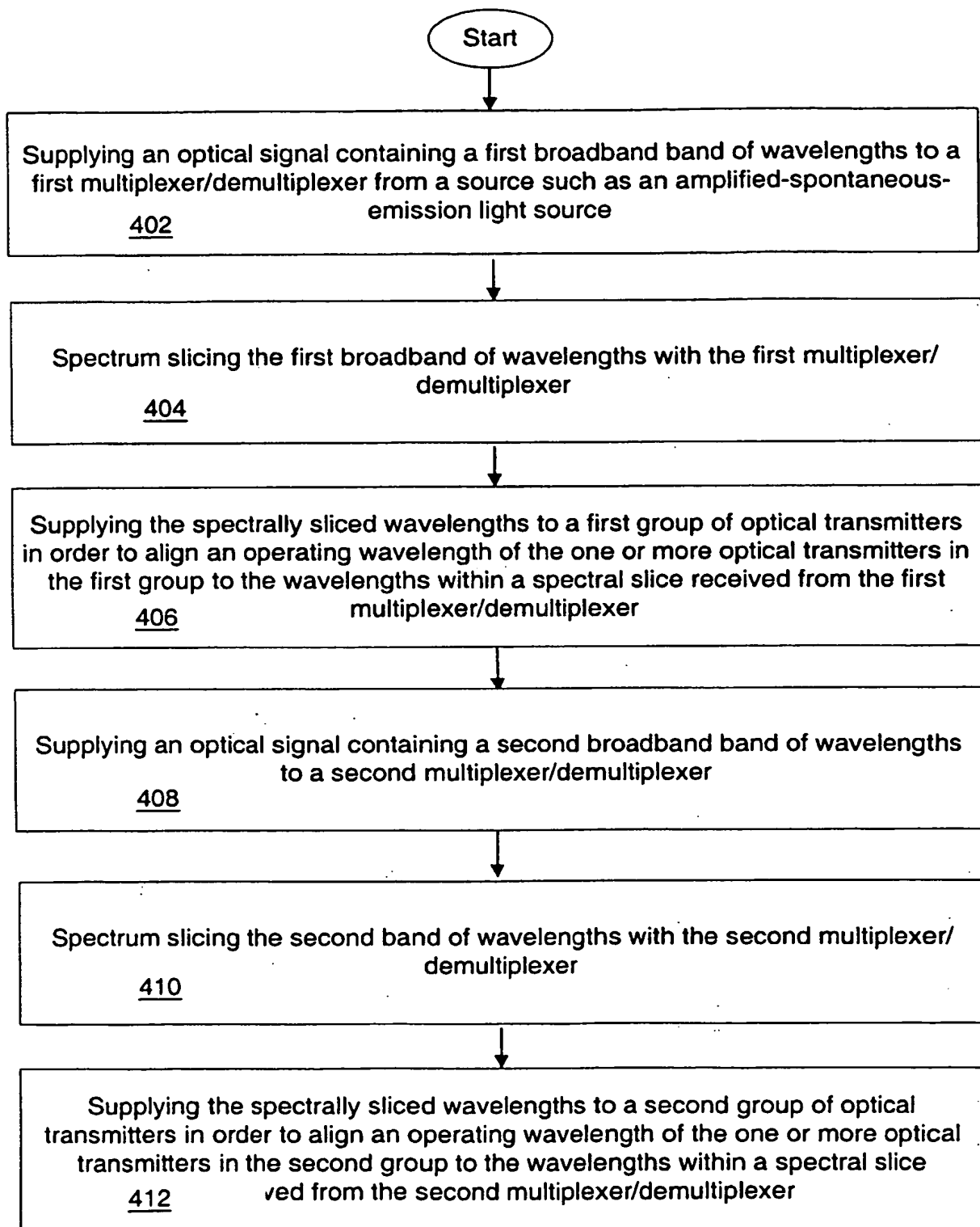


Figure 4a

5/5

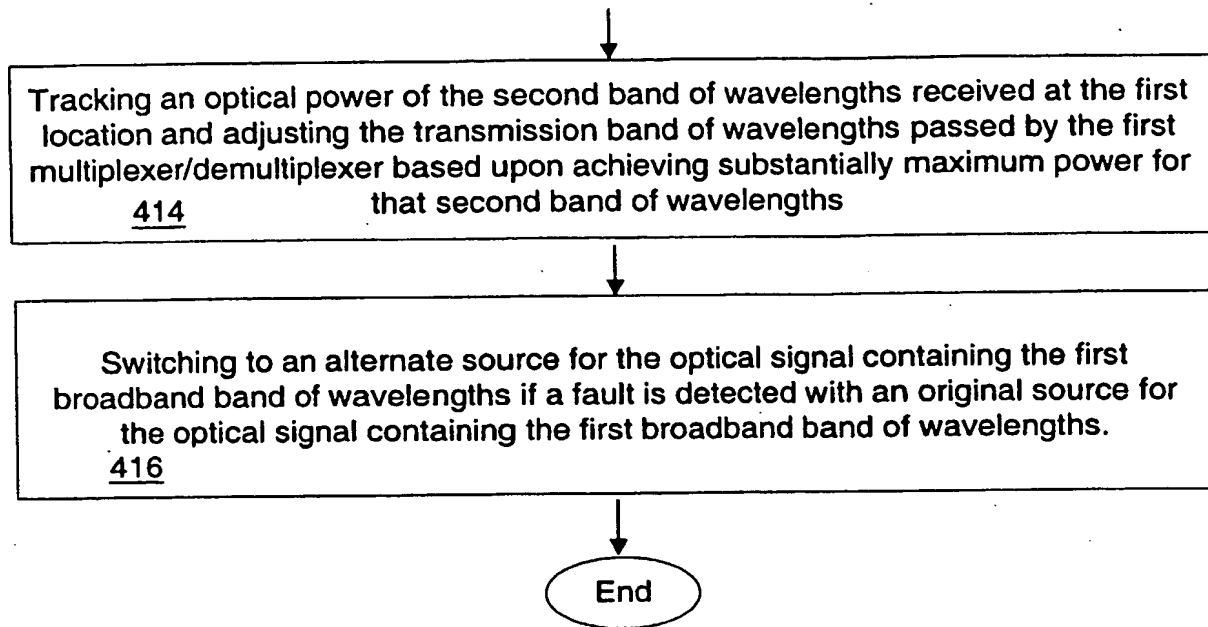


Figure 4b

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2005-536078

(P2005-536078A)

(43) 公表日 平成17年11月24日 (2005. 11. 24)

(51) Int. Cl. ⁷

H04J 14/00

H04B 10/20

H04J 14/02

H04L 12/44

F 1

H04B 9/00

H04L 12/44

H04B 9/00

E

200

N

テーマコード (参考)

5K033

5K102

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2003-563137 (P2003-563137)
(86) (22) 出願日 平成15年1月21日 (2003. 1. 21)
(85) 翻訳文提出日 平成16年7月21日 (2004. 7. 21)
(86) 国際出願番号 PCT/US2003/001782
(87) 国際公開番号 WO2003/063401
(87) 国際公開日 平成15年7月31日 (2003. 7. 31)
(31) 優先権主張番号 2002-3318
(32) 優先日 平成14年1月21日 (2002. 1. 21)
(33) 優先権主張国 韓国 (KR)

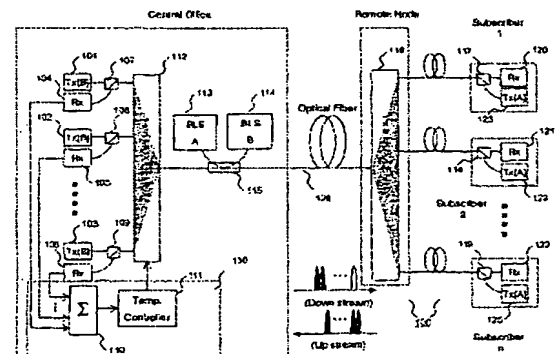
(71) 出願人 504279016
ノベラ・オプティクス・インコーポレーテッド
アメリカ合衆国・94306-1609・
カリフォルニア州・パロアルト・サウス
カリフォルニア アベニュー・480・エス
ティイー ナンバー 305
(74) 代理人 100064621
弁理士 山川 政樹
(74) 代理人 100098394
弁理士 山川 茂樹
(72) 発明者 イ, チャン・ヒー
大韓民国・テジョン・ユソン・ク・シンス
ン・ドン・(番地なし)・ハンウォル ア
パートメント・110-102

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 波長ロックされた波長分割多重化光源に基づく波長分割多重パッシブ光ネットワークを提供する方法および装置

(57) 【要約】

波長分割多重パッシブ光ネットワークに第1広帯域光源と第2広帯域光源が含まれる、様々な方法、システム、および装置。第1広帯域光源は、波長の第1帯域を含む光信号を第1の複数の光送信器に供給する。第2広帯域光源は、波長の第2帯域を含む光信号を第2の複数の光送信器に供給する。ファイバが、少なくとも2つの異なる波長帯域での光信号の両方向伝送に使用される。



【特許請求の範囲】**【請求項1】**

波長分割多重パッシブ光ネットワークを含むシステムであって、前記波長分割多重パッシブ光ネットワークが、

波長の第1帯域を含む光信号を第1の複数の光送信器に供給する第1広帯域光源と、
波長の第2帯域を含む光信号を第2の複数の光送信器に供給する第2広帯域光源と、
少なくとも2つの異なる波長帯域での光信号の両方向に伝送するファイバと
を含むシステム。

【請求項2】

波長の前記第1帯域と波長の前記第2帯域の両方で動作し、前記第1広帯域光源と前記第2広帯域光源を前記ファイバに結合する光カップラをさらに含む請求項1に記載のシステム。

10

【請求項3】

第3予備広帯域光源と、

前記第1広帯域光源で障害が検出される場合に、前記第3広帯域光源を前記波長分割多重パッシブ光ネットワークに結合する光スイッチとをさらに含む請求項1に記載のシステム。

【請求項4】

光マルチプレクサ/デマルチプレクサを通過した後の波長の前記第2帯域の強度を測定する出力コンバイナを有する波長追跡コンポーネントと、

20

前記出力コンバイナの出力を最大にするために前記光マルチプレクサ/デマルチプレクサの動作温度を制御する温度コントローラと
をさらに含む請求項1に記載のシステム。

【請求項5】

波長の前記第1帯域を含む光信号と波長の前記第2帯域を含む光信号の両方を両方向に多重化し、逆多重化する第1光マルチプレクサ/デマルチプレクサと、

波長の前記第1帯域を含む光信号と波長の前記第2帯域を含む光信号の両方を両方向で多重化し、逆多重化する第2光マルチプレクサ/デマルチプレクサと、
をさらに含む請求項1に記載のシステム。

30

【請求項6】

波長分割多重パッシブ光ネットワークを含む装置であって、前記波長分割多重パッシブ光ネットワークが、

波長の第1帯域の光信号を発する第1光送信器と、

波長の第2帯域の光信号を発する第2光送信器と、

波長の前記第1帯域の前記光信号を受け入れる第1光受信器と、

波長の前記第2帯域の前記光信号を受け入れる第2光受信器と、

前記第1光送信器の送信波長を波長ロックするために、前記第1光送信器に波長の前記第1帯域を供給する第1広帯域光源と、

前記第2光送信器の送信波長を波長ロックするために、前記第2光送信器に光の波長の前記第2帯域を供給する第2広帯域光源と
を含む装置。

40

【請求項7】

波長の前記第1帯域と波長の前記第2帯域を異なるポートに分離させる第1帯域分離フィルタであって、第1ポートが前記第1光送信器に結合され、第2ポートが前記第2光受信器に結合される、第1帯域分離フィルタをさらに含む請求項6に記載の装置。

【請求項8】

波長の前記第1帯域を含む前記光信号と波長の前記第2帯域を含む前記光信号の両方を両方向で多重化し、逆多重化する、第1光マルチプレクサ/デマルチプレクサ

をさらに含む請求項6に記載の装置。

【請求項9】

50

波長の前記第 1 帯域を含む前記光信号と波長の前記第 2 帯域を含む前記光信号の両方を両方向で多重化し、逆多重化する、第 2 光マルチプレクサ／デマルチプレクサをさらに含む請求項 8 に記載の装置。

【請求項 10】

前記第 1 光送信器の出力信号の強度を測定する出力コンバイナを有する波長追跡コンポーネントと、

前記出力信号の前記強度を最大にするために、前記第 1 光マルチプレクサ／デマルチプレクサの動作温度を制御する温度コントローラとをさらに含む請求項 8 に記載の装置。

【請求項 11】

前記第 1 光送信器が第 1 位置に配置され、前記第 2 光送信器が前記第 1 位置から離れた第 2 位置に配置される請求項 6 に記載の装置。

【請求項 12】

前記第 1 広帯域光源が半導体光増幅器に基づく光源である請求項 6 に記載の装置。

【請求項 13】

前記第 1 広帯域光源が光ファイバ増幅器に基づく光源である請求項 6 に記載の装置。

【請求項 14】

前記第 1 広帯域光源が発光ダイオードである請求項 6 に記載の装置。

【請求項 15】

前記第 1 光マルチプレクサ／デマルチプレクサがアレイ導波路格子である請求項 6 に記載の装置。

【請求項 16】

前記第 1 光送信器がファブリ・ペロー・レーザ・ダイオードである請求項 6 に記載の装置。

【請求項 17】

前記第 1 光送信器が反射型半導体増幅器である請求項 6 に記載の装置。

【請求項 18】

第 3 広帯域光源と、

前記第 1 広帯域光源で障害が検出される場合に、前記第 3 広帯域光源を前記第 1 光送信器に結合する光スイッチとをさらに含む請求項 6 に記載の装置。

【請求項 19】

波長の前記第 1 帯域が、遠隔通信用に指定された波長の第 1 標準帯域を含む請求項 6 に記載の装置。

【請求項 20】

波長の前記第 2 帯域が、波長の前記第 1 帯域によって使用される遠隔通信用に指定された波長の前記第 1 標準帯域と異なる、遠隔通信用に指定された波長の第 2 標準帯域を含む請求項 19 に記載の装置。

【請求項 21】

波長の前記第 2 帯域が波長の前記第 1 帯域のピーク波長から 5 ～ 100 ナノメートルの間のスペクトル分離を有する波長の帯域を含む請求項 6 に記載の装置。

【請求項 22】

第 1 マルチプレクサ／デマルチプレクサに波長の第 1 帯域を含む光信号を供給することと、

前記第 1 マルチプレクサ／デマルチプレクサを用いて波長の前記第 1 帯域をスペクトル的にスライスすることと、

第 1 グループの光送信器の 1 つまたは複数の動作波長を、前記第 1 マルチプレクサ／デマルチプレクサから受け取られるスペクトル・スライス内の波長に整列させるために、前記第 1 グループの前記光送信器に前記スペクトル的にスライスされた波長を供給することと、

10

20

30

40

50

波長の第2帯域を含む光信号を第2マルチプレクサ/デマルチプレクサに供給することと、
前記第2マルチプレクサ/デマルチプレクサを用いて波長の前記第2帯域をスペクトル的にスライスすることと、
第2グループの光送信器の1つまたは複数の動作波長を、前記第2マルチプレクサ/デマルチプレクサから受け取られるスペクトル・スライス内の波長に整列させるために、前記第2グループの前記光送信器に前記スペクトル的にスライスされた波長を供給することとを含む方法。

【請求項23】

前記第1マルチプレクサ/デマルチプレクサが、第1位置に配置され、前記第2マルチプレクサ/デマルチプレクサが、前記第1位置から離れた第2位置に配置される請求項22に記載の方法。

【請求項24】

前記第1マルチプレクサ/デマルチプレクサを通過した後の前記第1位置で受け取られる波長の前記第2帯域の光出力を追跡することと、

前記受け取られる波長の第2帯域の実質的に最大の出力を達成することに基づいて、前記第1マルチプレクサ/デマルチプレクサによって通される波長の送信帯域を調整させることと

をさらに含む請求項23に記載の方法。

【請求項25】

波長の第1広帯域帯域を含む光信号のオリジナルの源に関して障害が検出されたときに、波長の第1広帯域帯域を含む光信号の代替光源に切り替えることをさらに含む請求項22に記載の方法。

【請求項26】

第1マルチプレクサ/デマルチプレクサに波長の第1帯域を含む光信号を供給する手段と、

前記第1マルチプレクサ/デマルチプレクサを用いて波長の前記第1帯域をスペクトル的にスライスする手段と、

第1グループの光送信器の1つまたは複数の動作波長を、前記第1マルチプレクサ/デマルチプレクサから受け取るスペクトル・スライス内の波長に整列させるために、前記第1グループの前記光送信器に前記スペクトル的にスライスされた波長を供給する手段と、

第2マルチプレクサ/デマルチプレクサに波長の第2帯域を含む光信号を供給する手段と、

前記第2マルチプレクサ/デマルチプレクサを用いて波長の前記第2帯域をスペクトル的にスライスする手段と、

第2グループの光送信器の1つまたは複数の動作波長を、前記第2マルチプレクサ/デマルチプレクサから受け取るスペクトル・スライス内の波長に整列させるために、前記第2グループの前記光送信器に前記スペクトル的にスライスされた波長を供給する手段とを含む装置。

【請求項27】

前記第1マルチプレクサ/デマルチプレクサが第1位置に配置され、前記第2マルチプレクサ/デマルチプレクサが前記第1位置から離れた第2位置に配置される請求項26に記載の装置。

【請求項28】

前記第1位置で受け取られる波長の前記第2帯域の光出力を追跡し、前記受け取られる波長の第2帯域の実質的に最大の出力を達成することに基づいて、前記第1マルチプレクサ/デマルチプレクサによって通される波長の送信帯域を調整させる手段

をさらに含む請求項27に記載の装置。

【請求項29】

10

20

30

40

波長の第1広帯域帯域を含む光信号のオリジナルの源に関して障害が検出されたときに、波長の第1広帯域帯域を含む光信号の代替光源に切り替える手段をさらに含む請求項26に記載の装置。

【請求項30】

波長分割多重パッシブ光ネットワークを含む装置であって、前記波長分割多重パッシブ光ネットワークが、

波長の第1帯域をスペクトル的にスライスし、波長の第2帯域を逆多重化する第1光マルチプレクサ/デマルチプレクサと、

波長の前記第1帯域で第1のスペクトル的にスライスされた信号を受け取り、その光送信器の動作波長を前記第1のスペクトル的にスライスされた信号内の波長に整列させる光送信器と、

波長の前記第2帯域で第2信号を受け取る光受信器とを含む装置。

【請求項31】

波長の前記第1帯域の前記第1のスペクトル的にスライスされた信号を前記光送信器に結合させ、波長の前記第2帯域の前記第2信号を前記光受信器に結合させる帯域分離フィルタをさらに含む請求項30に記載の装置。

【請求項32】

前記第1マルチプレクサ/デマルチプレクサの送信波長を、前記第1マルチプレクサ/デマルチプレクサから離れた位置の第2マルチプレクサ/デマルチプレクサの送信波長と一致させる波長追跡コンポーネントをさらに含む請求項30に記載の装置。

【請求項33】

前記第1光マルチプレクサ/デマルチプレクサが誘電干渉フィルタである請求項30に記載の装置。

【請求項34】

波長の前記第1帯域を供給する第1広帯域光源と、

波長の前記第2帯域を供給する第2広帯域光源と、

波長の前記第1帯域と波長の前記第2帯域の両方で動作する光カプラであって、前記第1広帯域光源と前記第2広帯域光源を前記第1光マルチプレクサ/デマルチプレクサに結合させる光カプラとをさらに含む請求項30に記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【関連出願】

【0001】

(関連出願)

本願は、2002年1月21日出願の韓国特許出願第2002-3318号、表題「Wavelength-division-multiplexing passive optical network based on wavelength-locked wavelength-division-multiplexed light sources through injected incoherent light」の利益を主張するものである。

【技術分野】

【0002】

本発明の実施形態は、波長分割多重(wavelength-division-multiplexing)パッシブ光ネットワーク(passive-optical-network)に関する。具体的に言うと、本発明の実施形態の一態様は、導入されるインコヒーレント光(incoherent light)を介して波長をロックされた光源を使用する波長分割多重パッシブ光ネットワークに関する。

【背景技術】

【0003】

一部の波長分割多重パッシブ光ネットワークは、中央局の送信器からの信号の波長と

10

20

30

40

50

加入者にその信号を分配するリモート・サイトのデバイスへの波長との間で正確な波長整列を必要とする。パッシブ光ネットワークでは、信号分配デバイスを含むリモート・ノードが、通常は、電源なしで戸外に配置される。戸外の信号分配デバイスの送信波長は外気温の変動に従って変化する。送信された信号とその信号を分配するデバイスの動作波長の間の波長不整列によって、信号の余分な挿入損失 (insertion loss) がもたらされる。

【0004】

不整列を最小にする可能な方法として、波長整列条件を満足させるために、光送信器として狭い線幅の分布帰還型レーザ・ダイオード (DFB LD: narrow-linewidth distributed feedback laser diode) を使用することができる。しかし、この装置は、各 DFB LD の価格が高いので、経済的な解決策ではない。

10

【0005】

もう 1 つのパッシブ光ネットワークでは、光送信器として広帯域発光ダイオード (LED) を使用することができる。しかし、LED の変調帯域幅は、狭く、これによって、高いビット・レートでデータを送信することが困難になる。さらに、パッシブ光ネットワークでの長距離伝送は、LED からの固有の弱い出力に起因して、LED を用いては困難である。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

異なる位置に配置された光マルチプレクサ/デマルチプレクサを通過する光信号の大きな挿入損失を補償するのに複雑なチャネル選択回路と温度制御回路が使用されてきた。これらのデバイスの動作波長はデバイスの温度に依存して変化する。しかし、チャネル選択回路の複雑さは、回路の入力ポートの数が増えるにつれて、回路の複雑さがますます高まるという短所を有する。したがって、マルチプレクサ/デマルチプレクサによって分配されるチャネルが多いほど、チャネル選択回路と温度制御回路が複雑で高価になる。

20

【課題を解決するための手段】

【0007】

波長分割多重パッシブ光ネットワークに第 1 広帯域光源と第 2 広帯域光源が含まれる様々な方法、システム、装置を説明する。第 1 広帯域光源は、第 1 帯域の波長を含む光信号を第 1 の複数の光送信器に供給する。第 2 広帯域光源は第 2 帯域の波長を含む光信号を第 2 の複数の光送信器に供給する。少なくとも 2 つの異なる波長帯域での光信号の両方向伝送にファイバが使用される。

30

【0008】

本発明の他の特徴および長所は、添付図面および以下の詳細な説明から明白になる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0009】

本発明を、添付図面の図で、制限ではなく例によって示すが、図面では、類似する符号が類似する要素を指す。

【0010】

様々な波長分割多重パッシブ光ネットワークを説明する。一実施形態では、波長分割多重パッシブ光ネットワークに第 1 広帯域光源と第 2 広帯域光源が含まれる。第 1 広帯域光源は第 1 帯域の波長を含む光信号を第 1 の複数の光送信器に供給する。1 つまたは複数の光送信器が、第 1 帯域の波長からスペクトル的にスライスされた信号を受け取って、光送信器の動作波長を、スペクトル的にスライスされた信号の波長に整列させる。第 2 広帯域光源は、第 2 帯域の波長を含む光信号を第 2 の複数の光送信器に供給する。1 つまたは複数の光送信器が、第 2 帯域の波長からスペクトル的にスライスされた信号を受け取って、光送信器の動作波長を、スペクトル的にスライスされた信号の波長に整列させる。ファイバが、少なくとも 2 つの異なる波長帯域での光信号の両方向伝送に使用される。本発明の他の特徴、態様、長所は、添付図面および下の詳細な説明から明白になる。

40

【0011】

50

図 1 に、波長ロックされた波長分割多重光源に基づく波長分割多重パッシブ光ネットワークの一実施形態のブロック図を示す。波長分割多重パッシブ光ネットワーク 100 に、中央局などの第 1 位置と、リモート・ノードなどの第 1 位置から離れた第 2 位置と、複数の加入者位置とが含まれている。

【0012】

例としての中央局に、第 1 帯域の波長の光信号を発する第 1 グループの光送信器 101 ~ 103 と、第 2 帯域の波長の光信号を受け入れる第 1 グループの光受信器 104 ~ 106 と、第 1 グループの帯域分離フィルタ 107 ~ 109 と、波長追跡コンポーネント 130 と、第 1 の $1 \times n$ 両方向光マルチプレクサ/デマルチプレクサ 112 と、第 1 広帯域光源 114 と、第 2 広帯域光源 113 とが含まれている。

10

【0013】

第 1 光マルチプレクサ/デマルチプレクサ 112 が、第 1 広帯域光源 114 から受け取った第 1 帯域の波長をスペクトル的にスライスし、第 2 光マルチプレクサ/デマルチプレクサ 116 から受け取った第 2 帯域の波長を逆多重化する。第 1 グループの光送信器 101 ~ 103 の各送信器は、第 1 帯域の波長の離散的なスペクトル的にスライスされた信号を受け取り、その光送信器の動作波長が、受け取ったスペクトル的にスライスされた信号の波長に整列させられる。

【0014】

第 1 グループの光受信器 104 ~ 106 の各光受信器は第 2 帯域の波長の離散的な逆多重化された信号を受け取る。第 1 光マルチプレクサ/デマルチプレクサ 112 には、第 1

20

【0015】

帯域分離フィルタ 107 などの帯域分離フィルタが、第 1 帯域の波長の信号と第 2 帯域の波長の信号を異なるポートに分離させる。各帯域分離フィルタ 107 ~ 109 は、第 1 グループの光送信器 101 ~ 103 の所定の光送信器と第 1 グループの光受信器 104 ~ 106 の所定の光受信器に結合されている。例えば、第 1 帯域分離フィルタ 107 が、波長の第 1 帯域内のスペクトル的にスライスされた信号を光送信器 101 に結合する。したがって、入力光信号の波長が波長の第 1 帯域内であれば、第 1 の帯域分離フィルタ 107 からの出力信号が入力ポートに並列なポートに渡される。第 1 の帯域分離フィルタ 107 は、波長の第 2 帯域内の逆多重化された信号を第 1 の光受信器 104 に結合させる。したがって、入力信号の波長が波長の第 2 帯域内であれば、出力ポートが入力方向と直交する。

30

【0016】

例のリモート・ノードに、第 2 の $1 \times n$ 両方向光マルチプレクサ/デマルチプレクサ 116 が含まれている。第 2 の $1 \times n$ 両方向光マルチプレクサ/デマルチプレクサ 116 は、単一の光ファイバ 128 を介して中央局に接続される。第 2 の $1 \times n$ 光マルチプレクサ/デマルチプレクサ 116 は、波長の第 1 帯域を含む広帯域光信号と波長の第 2 帯域を含む広帯域光信号の両方を、両方向で多重化し、逆多重化する。第 2 の $1 \times n$ 光マルチプレクサ/デマルチプレクサ 116 は、第 2 広帯域光源 113 からの波長の第 2 帯域をスペクトル的にスライスする。

40

【0017】

一般に、多重化とは、光情報の複数のチャネルを単一の光信号へ組み合わせることである。逆多重化とは、単一の光信号を、光情報のチャネルを含む複数の離散信号へ分解することである。スペクトル的にスライスするとは、波長の帯域を、波長の細かい周期的な線で分割することである。

【0018】

例の加入者位置のそれぞれ、例えば第 1 加入者位置に、帯域分離フィルタ 117、波長の第 2 帯域内の光信号を発する光送信器 123、波長の第 1 帯域内の光信号を受け取る光受信器 120 が含まれる。第 2 マルチプレクサ/デマルチプレクサ 116 は、波長の第 1 帯域を逆多重化し、波長の第 2 帯域をスペクトル的にスライスする。第 2 マルチプレクサ

50

ノデマルチプレクサは、これらの光を、各帯域分離フィルタ 117～119 に送る。帯域分離フィルタ 117～119 は、入力信号帯域に従って入力信号を出力ポートに分離するように機能する。第 2 光送信器 123 などの各光送信器は、波長の第 2 帯域内のスペクトル的にスライスされた信号を受け取り、その光送信器の動作波長を、スペクトル的にスライスされた信号内の波長に整列させる。各加入者は、波長の第 2 帯域内の異なるスペクトル・スライスを用いて中央局と通信する。

【0019】

波長の第 1 帯域と波長の第 2 帯域の両方で動作する 2×2 光カプラ 115 によって、第 1 広帯域光源 114 と第 2 広帯域光源 113 が単一の光ファイバ 128 に結合されている。2×2 光カプラ 115 は、第 2 広帯域光源 113 によって放射された波長の第 2 帯域全体を分ける。第 1 広帯域光源 114 に向かう光出力が終端され、他の出力は、光ファイバ・ケーブルに沿って伝搬し、その結果、各加入者の光送信器が、リモート・ノードの 1×n 光マルチプレクサ/デマルチプレクサ 116 によってスライスされた広帯域の光を受け取る。

【0020】

増幅された自然放出源 (amplified-spontaneous-emission) などの第 1 広帯域光源 114 によって、第 1 帯域の波長の光が、第 1 グループの光送信器 101～103 の所定の光送信器に供給されて、その光送信器の送信波長が波長ロックされる。したがって、中央局内の送信器 101～103 のグループの動作波長の範囲が、第 1 グループの光送信器 101～103 内のこれらの送信器のそれぞれへのスペクトル的にスライスされた光の導入を介して、中央局の第 1 光マルチプレクサ/デマルチプレクサ 112 の動作波長と同一になる。帯域分離フィルタを介して渡される特定のスペクトル・スライスへの各光送信器の波長ロックによって、リモート・ノードのデバイスの温度変動に依存する波長離調に起因する 1×n 光マルチプレクサ/デマルチプレクサ 112 でのアップ・ストリーム信号の大きい出力損失が解決される。この形で、光送信器 101～103 からの信号の波長と、中央局のマルチプレクサ/デマルチプレクサ 112 の送信波長の間の不整列に起因する大きい電力損失が最小化される。

【0021】

同様に、第 2 広帯域光源 113 は、第 2 帯域の波長の光を所定の光送信器 123～125 に供給して、第 2 グループの光送信器の送信波長を波長ロックする。したがって、加入者の位置の光送信器 123～125 の第 2 グループの動作波長は、第 2 グループの光送信器のこれらの送信器のそれぞれへのスペクトル的にスライスされた信号の導入を介して、第 2 マルチプレクサ/デマルチプレクサ 116 の動作波長の範囲と同一になる。帯域分離フィルタを介して渡される特定のスペクトル・スライスへの各光送信器の波長ロックによって、リモート・ノードのデバイスの温度変動に依存する波長離調に起因する 1×n 光マルチプレクサ/デマルチプレクサ 116 でのアップ・ストリーム信号の大きい出力損失が解決される。この形で、光送信器 123～125 からの信号の波長と、リモート・ノードのマルチプレクサ/デマルチプレクサ 116 の送信波長の間の不整列に起因する大きい電力損失が、最小化される。

【0022】

同様に、波長追跡コンポーネント 130 によって、第 1 マルチプレクサ/デマルチプレクサ 112 の送信波長が、第 2 マルチプレクサ/デマルチプレクサ 116 の送信波長と同一にされる。波長追跡コンポーネント 130 は、電力または光出力コンバイナ 110 を有する。出力コンバイナ 110 は、第 2 帯域の波長が第 1 マルチプレクサ/デマルチプレクサ 112 を通過した後の、中央局の光受信器 104～106 から受け取った出力信号の強度を測定する。温度コントローラ 111 が出力コンバイナ 110 に結合されている。温度コントローラ 111 は、中央局の光マルチプレクサ/デマルチプレクサ 112 の動作温度を制御する。温度コントローラ 111 は、第 1 マルチプレクサ/デマルチプレクサ 112 の動作温度をディザリングして、出力コンバイナ 110 の実質的に最大の出力を達成することができる。出力コンバイナ 110 の最大の出力は、マルチプレクサ/デマルチプレク

サ 1 1 2、1 1 6 の両方に関する送信波長の実質的に最良の一致を示している。出力コンバイナ 1 1 0 は、特定の受信器または受信器のグループの強度を測定する。第 1 マルチプレクサ/デマルチプレクサ 1 1 2 の各チャネルの通過帯域の動作波長が温度コントローラ 1 1 1 によって制御される。第 1 マルチプレクサ/デマルチプレクサ 1 1 2 の各チャネルの通過帯域の動作波長を制御する機構は、ひずみコントローラ、電圧コントローラ、または他の類似するデバイスとすることもできる。

【0023】

一実施形態では、光パッシブ・ネットワークは、中央局と光加入者の間にアクティブ・デバイスがない、電力を供給されないパッシブ光デバイスだけからなる。光分配ネットワークのトポロジ構造は、光マルチプレクサ/デマルチプレクサを加入者の近くに配置されたリモート・ノードを有するスター・トポロジとすることができ、このトポロジ構造は、単一の光ファイバを介する中央局との通信を中継し、それ自体の光ファイバを介して加入者のそれぞれとの間で信号を分配するという役割を果たす。

【0024】

上で述べたように、波長分割多重パッシブ光ネットワーク 1 0 0 は、ダウン・ストリーム信号に波長の第 1 帯域、アップ・ストリーム信号に波長の第 2 帯域など、異なる波長帯域を使用することができる。ダウン・ストリーム信号は、中央局の光送信器 1 0 1 ~ 1 0 3 から加入者への信号を表し、アップ・ストリーム信号は、加入者の光送信器 1 2 3 ~ 1 2 5 から中央局への信号を表す。ダウン・ストリーム信号の波長は、例えば、 λ_1 、 λ_2 、...、 λ_n とすることができ、アップ・ストリーム信号は、 λ_1^* 、 λ_2^* 、 λ_n^* であるが波長の異なる帯域で搬送される。ここで、 λ_1 と λ_1^* は、マルチプレクサ/デマルチプレクサのフリー・スペクトル範囲だけ離される。

【0025】

上で述べたように、 $1 \times n$ 光マルチプレクサ/デマルチプレクサ 1 1 6 は、左側のポートからの光信号を、右側の n 個の複数のポートに逆多重化するという機能を有する。さらに、右側の n 個のポートからの光信号を、同時に左側の 1 つのポートに多重化する。 $1 \times n$ 光マルチプレクサ/デマルチプレクサ 1 1 6 は、第 2 帯域の波長を、波長のより狭いスペクトル幅にスペクトル的にスライスする。光マルチプレクサ/デマルチプレクサは、波長の 3 つ以上の帯域に対して動作することができるので、異なる帯域で両方向に伝搬されるアップ・ストリーム信号とダウン・ストリーム信号を同時に多重化し、逆多重化することができる。光マルチプレクサ/デマルチプレクサによって作用される波長の帯域のそれぞれを、光マルチプレクサ/デマルチプレクサのフリー・スペクトル範囲の 1 つまたは複数のインターバルだけオフセットさせることができる。

【0026】

各光送信器は、それらの光送信器によって送信される特定の波長に情報を埋め込むために、例えば電流変調によって直接変調することができる。一実施形態では、1 つまたは複数の光送信器を、ファブリーペロー半導体レーザとすることができ、これに、増幅された自然放光光源からのスペクトル的にスライスされた広帯域インコヒーレント光が導入される。一実施形態では、1 つまたは複数の光送信器を、wavelength-seeded 反射型の半導体光増幅器 (SOA) とすることができ、1 つまたは複数の光送信器が、高ビット・レート変調と長距離伝送をサポートする。反射型 SOA は、変調デバイスとしても働く。光送信器は、wavelength seeding を使用して変調され、波長ロックされ、スペクトル・スライス内の波長の信号利得を提供し、導入された波長とスペクトル・スライスの外の波長の間の消光比を高めることができる。

【0027】

一実施形態について、広帯域光源を、半導体光増幅器に基づく光源、希土類イオンをドープされた光ファイバ増幅器に基づく光源、発光ダイオード、または類似するデバイスとすることができ、広帯域光源によって、コヒーレント光またはインコヒーレント光など、あらゆる種類の特性を有する光を供給することができる。

【0028】

10

20

30

40

50

一実施形態について、光マルチプレクサ／デマルチプレクサは、積分型導波路格子を含むアレイ導波路格子 (arrayed waveguide grating)、薄膜フィルタを使用するデバイス、回折格子、または類似するデバイスによって達成することができる。光マルチプレクサ／デマルチプレクサは、誘電干渉フィルタまたは類似するデバイスとすることができる。

【0029】

一実施形態について、インコヒーレント光を導入される *wavelength-seeded* 光源によって、セット・チャネル通過帯域内の波長だけを通すマルチプレクサ／デマルチプレクサの特性に起因する信号の一部の損失が最小になる。両方のマルチプレクサ／デマルチプレクサの動作波長の波長追跡によって、これらのデバイスの間の波長不整列に起因する最小化を支援する。

【0030】

図2に、例示的な第1帯域の波長と第2帯域の波長のグラフを示す。このグラフには、グラフの水平方向にナノメートル単位の波長232、垂直方向に特定の波長の光出力234が示されている。例の波長の第1帯域236は、1534ナノメートル～1546ナノメートルにまたがり、波長の中心は1540である。例の波長の第2帯域238は、1552ナノメートル～1564ナノメートルにまたがり、波長の中心は1558である。約18ナノメートルのフリー・スペクトル範囲240によって、波長の2つの帯域236、238内の波長が分離されている。例えば、1552ナノメートルの λ_{1*} は、1534ナノメートルの λ_1 から18ナノメートルだけオフセットしている。例1564ナノメートルの λ_{n*} は、18ナノメートルだけ λ_n からオフセットしている。リモート・ノードの光マルチプレクサ／デマルチプレクサは、波長の第2帯域238を、例えば0.4ナノメートルのスペクトル・スライスにスペクトル的にスライスする。各異なるスペクトル・スライスは、マルチプレクサ／デマルチプレクサの異なるポートを介して個々の加入者に出力される。

【0031】

例えば、波長の第2帯域内の第1スペクトル・スライス250を、加入者番号1の光送信器に向かわせることができる。波長の第2帯域内の第2スペクトル・スライス252を、加入者番号2の光送信器に向かわせることができる。*wavelength-seeding*を介して、光送信器は、波長の第2帯域内の第1スペクトル・スライス250と波長ロックされる。光送信器は、第1スペクトル・スライス250内の波長に整列し、レーザ発振する。さらに、リモート・ノードの光マルチプレクサ／デマルチプレクサが、中央局の光マルチプレクサからのダウン・ストリーム・チャネルを逆多重化する。波長の第1帯域236内の第1チャネル254を、加入者番号1の帯域分離フィルタと光受信器に逆多重化することができる。波長の第1帯域236内の第2チャネル256が、加入者番号2の帯域分離フィルタと光受信器に逆多重化される。

【0032】

一実施形態では、波長の第1帯域を、C帯1525～1560ナノメートルなどの、遠隔通信用に指定された波長の標準帯域とすることができる。波長の第2帯域を、L帯1570～1620ナノメートルなど、波長の第1帯域に使用される遠隔通信用に指定された波長の標準帯域と異なる遠隔通信用に指定された波長の標準帯域とすることができる。

【0033】

代替案では、波長の第2帯域を、5～100ナノメートルの間のフリー・スペクトル範囲の波長オフセットを有する波長の帯域とすることができる。波長の第1帯域と第2帯域の間のスペクトル分離は、フィルタリングされたスペクトル的にスライスされた加入者へのダウン・ストリーム信号と、その加入者からのフィルタリングされたアップ・ストリーム信号の間で干渉が発生しないように十分に大きくしなければならない。

【0034】

図3に、第1広帯域光源または第2広帯域光源のいずれかで故障が発生した時のパッシブ光ネットワークの劣化に対する保護デバイスの実施形態のブロック図を示す。例えば、第1広帯域光源または波長の第1帯域303を含む光信号における故障が検出される時

に、 1×2 光スイッチ 306 によって、第 1 広帯域光源から代替光信号にパスが変更される。この代替光信号に、第 3 広帯域光源 302 などの波長の第 1 帯域が含まれる。また、 1×2 光スイッチ 307 によって、広帯域光源を第 2 帯域光源 304 から第 4 広帯域光源 305 に切り替えることができる。各広帯域光源 302～305 は、光カプラからの信号がその広帯域光源に入らないようにするアイソレータを有することができる。

【0035】

図 4 a、4 b に、波長分割多重パッシブ光ネットワークの実施形態の流れ図を示す。一実施形態について、パッシブ光ネットワークは、第 1 位置とその第 1 位置から離れた第 2 位置との間でアップ・ストリーム信号とダウン・ストリーム信号を渡す。

【0036】

ブロック 402 で、パッシブ光ネットワークが、波長の第 1 広帯域帯域を含む光信号を、増幅された自然放出光源などの源から第 1 マルチプレクサ/デマルチプレクサに供給する。

【0037】

ブロック 404 で、パッシブ光ネットワークが、第 1 マルチプレクサ/デマルチプレクサを用いて、波長の第 1 広帯域をスペクトル的にスライスする。

【0038】

ブロック 406 で、パッシブ光ネットワークが、第 1 グループの 1 つまたは複数の光送信器によって生成される波長の第 1 帯域内の送信出力波長を制御するために、光送信器の第 1 グループにスペクトル的にスライスされた波長を供給する。各光送信器は、第 1 マルチプレクサ/デマルチプレクサから受け取るスペクトル・スライス内の波長に合わせて光送信器の動作波長を自動整列させる。

【0039】

一実施形態について、監督ノードなどの第 1 位置の送信器が、ダウン・ストリーム信号を生成する。ダウン・ストリーム信号は、その帯域分離フィルタを通過する。監督ノード内の $1 \times n$ 光マルチプレクサ/デマルチプレクサが、ダウン・ストリーム信号を波長分割多重化する。 $n \times n$ 光カプラが、これらのダウンロード信号を分ける。第 1 広帯域光源に強制的に送られる信号は終端され、他の信号は、リモート・ノードの $1 \times n$ 光マルチプレクサ/デマルチプレクサによって逆多重化された後に、各光加入者に束縛される。加入者側では、信号が、帯域分離フィルタを通過し、光受信器に達する。

【0040】

ブロック 408 では、パッシブ光ネットワークが、波長の第 2 帯域を含む広帯域光信号を第 2 マルチプレクサ/デマルチプレクサに供給する。

【0041】

ブロック 410 では、パッシブ光ネットワークが、第 2 マルチプレクサ/デマルチプレクサを用いて波長の第 2 広帯域をスペクトル的にスライスする。

【0042】

ブロック 412 で、パッシブ光ネットワークが、第 2 グループの 1 つまたは複数の光送信器によって生成される波長の第 2 帯域内の送信出力波長を制御するために、光送信器の第 2 グループにスペクトル的にスライスされた波長を供給する。各光送信器は、第 2 マルチプレクサ/デマルチプレクサから受け取るスペクトル・スライス内の波長に合わせて、光送信器の動作波長を自動整列させる。第 1 マルチプレクサ/デマルチプレクサは、監督ノードなどの第 1 位置に配置され、第 2 マルチプレクサ/デマルチプレクサは、リモート・ノードなどの、第 1 位置から離れた第 2 位置に配置される。

【0043】

一実施形態について、加入者側の光送信器から出るアップ・ストリーム信号は、帯域分離フィルタを通過し、リモート・ノードの $1 \times n$ マルチプレクサ/デマルチプレクサによって多重化される。 $n \times n$ 光カプラによって、多重化された信号は、光ファイバ・ケーブルを通過した後に分けられる。第 2 広帯域光源 113 に分かれたアップ・ストリーム信号が終端され、他のアップ・ストリーム信号は、 $1 \times n$ 光マルチプレクサ/デマルチプレク

10

20

30

40

50

サを介して監督ノードの光受信器に伝搬され続ける。

【0044】

ブロック 4 1 4 で、パッシブ光ネットワークは、第 1 マルチプレクサ/デマルチプレクサを通過した後に第 1 位置で受け取られる波長の第 2 帯域の光出力を追跡し、波長の第 2 帯域の実質的に最大の出力の達成に基づいて第 1 マルチプレクサ/デマルチプレクサによって渡される波長の伝送帯域を調整する。

【0045】

ブロック 4 1 6 で、パッシブ光ネットワークは、波長の第 1 広帯域帯域を含む光信号のオリジナル光源の障害が検出された場合に、波長の第 1 広帯域帯域を含む光源の代替光源に切り替えることができる。同様に、パッシブ光ネットワークが、波長の第 2 広帯域帯域を含む光信号のオリジナル光源の障害が検出された場合に、波長の第 2 広帯域帯域を含む光源の代替光源に切り替えることができる。

【0046】

特定の数の参照が、文字どおりの順序と解釈されてはならず、波長の第 1 帯域が波長の第 2 帯域と異なると解釈されなければならないことに注意されたい。したがって、示された特定の詳細は、例示にすぎない。

【0047】

前述の明細書では、本発明を、特定の例示的实施形態に関して説明した。しかし請求項に示された本発明の広義の趣旨および範囲から逸脱せずに、多数の修正および変更を行えることは明白であろう。例えば、単一のデバイスに、第 1 広帯域光源と第 2 広帯域光源の両方の機能を設けることができ、WDM PON に、2 つ以上の異なる波長の帯域を使用することができ、各マルチプレクサ/デマルチプレクサを、アサーマル・アレイ導波路格子とすることができ、光送信器を、連続波によって作動させ、外部変調器によって変調することができるなどである。したがって、明細書および図面は、制限的な意味ではなく、例示的な意味で見られなければならない。

【図面の簡単な説明】

【0048】

【図 1】波長ロックされた波長分割多重光源に基づく波長分割多重パッシブ光ネットワークの一実施形態を示すブロック図である。

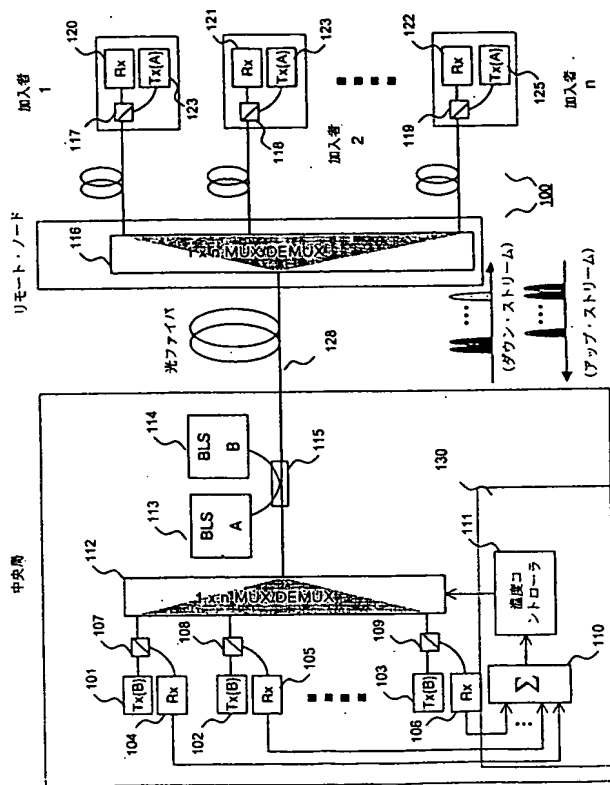
【図 2】例示的な第 1 帯域の波長および第 2 帯域の波長を示すグラフである。

【図 3】第 1 広帯域光源または第 2 広帯域光源のいずれかで故障が発生した時のパッシブ光ネットワークの劣化に対する保護デバイスの実施形態を示すブロック図である。

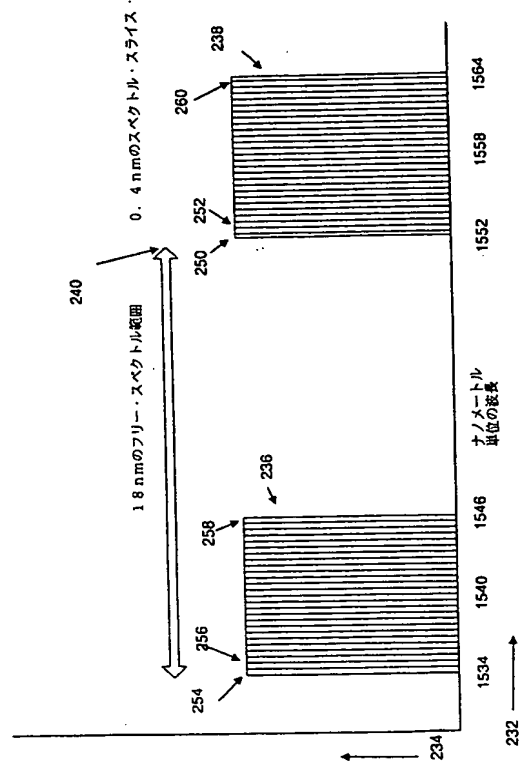
【図 4a】波長分割多重パッシブ光ネットワークの実施形態を示す流れ図である。

【図 4b】波長分割多重パッシブ光ネットワークの実施形態を示す流れ図である。

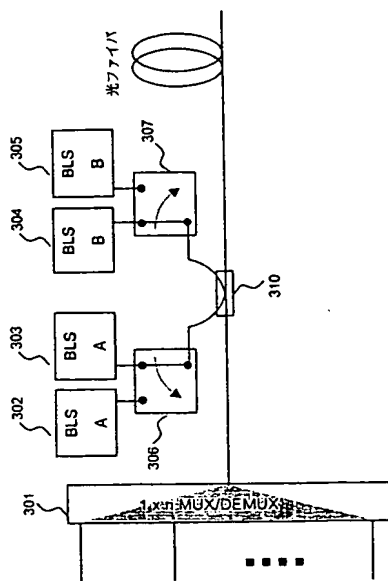
【図1】



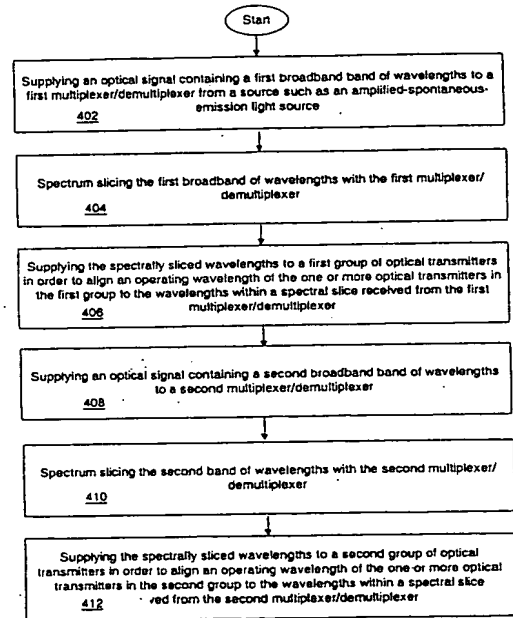
【図2】



【図3】

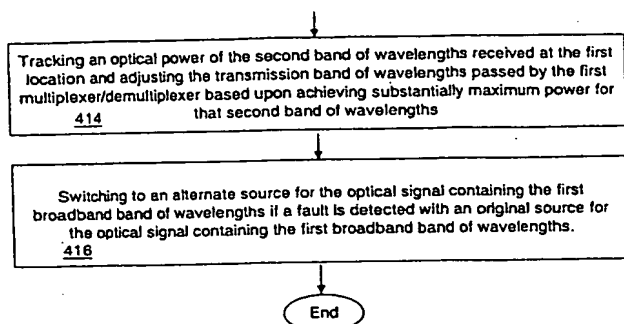


【図4a】



- 402 波長の第1広帯域帯域を含む光信号を、増幅された自然放光源などの源から第1マルチプレクサ/デマルチプレクサに供給する
- 404 第1マルチプレクサ/デマルチプレクサを用いて、波長の第1広帯域をスペクトル的にスライスする
- 406 第1グループの1つまたは複数の光送信機の動作波長を第1マルチプレクサ/デマルチプレクサから受け取るスペクトル・スライスに合わせて整列させるために、光送信機の第1グループにスペクトル的にスライスされた波長を供給する
- 408 波長の第2広帯域帯域を含む光信号を、第2マルチプレクサ/デマルチプレクサに供給する
- 410 第2マルチプレクサ/デマルチプレクサを用いて波長の第2広帯域をスペクトル的にスライスする
- 412 第2グループの1つまたは複数の光送信機の動作波長を第2マルチプレクサ/デマルチプレクサから受け取るスペクトル・スライスに合わせて整列させるために、光送信機の第2グループにスペクトル的にスライスされた波長を供給する

【図4b】



- 414 第1位置で受け取られる波長の第2帯域の光出力を追跡し、波長の第2帯域の実質的に最大の出力の達成に基づいて第1マルチプレクサ/デマルチプレクサによって渡される波長の伝送帯域を調整させる
- 416 波長の第1広帯域帯域を含む光信号のオリジナル光源の障害が検出された場合に、波長の第1広帯域帯域を含む光源を代替光源に切り替える

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.
PCT/US 03/01782

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 H04J14/02 H04B10/155

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H04J H04B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EP0-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 972 367 A (BOSCH GMBH ROBERT)	1,3
Y	19 January 2000 (2000-01-19) paragraphs '0013!', '0014!'; figure 1 paragraph '0016!'; figure 3 paragraphs '0019!', '0020! --- -/--	4,5

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

A document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

5 Apr11 2004

Date of making of the international search report

28/04/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5616 Patentaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel: (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Roldán Andrade, J

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.
PCT/US 03/01782

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	MAYWEATHER D ET AL: "WAVELENGTH TRACKING OF A REMOTE WDM ROUTER IN A PASSIVE OPTICAL NETWORK" IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS, IEEE INC. NEW YORK, US, vol. 8, no. 9, 1 September 1996 (1996-09-01), pages 1238-1240, XP000624886 ISSN: 1041-1135 page 1238, left-hand column, paragraph 2 -right-hand column, paragraph 1 page 1239, right-hand column, paragraph 3 -page 1240, right-hand column, paragraph 1; figures 2,3 ---	4,6-33
Y	DATABASE WPI Section EI, Week 200111 Derwent Publications Ltd., London, GB; Class V07, AN 2001-098850 XP002276043 & KR 2000 009 290 A (KOREA ADV INST SCI & TECHNOLOGY), 15 February 2000 (2000-02-15)	5-33
A	abstract -& US 6 597 482 B1 (CHUNG ET AL) 22 July 2003 (2003-07-22) column 1, line 12 - line 22 column 3, line 15 -column 5, line 52; figures 1,2 column 6, line 1 - line 11; figure 3 ---	2,34
A	EP 0 688 114 A (AT & T CORP) 20 December 1995 (1995-12-20) column 1, line 3 - line 8 column 3, line 40 -column 5, line 23; figure 1 column 5, line 36 -column 6, line 42 column 8, line 3 -column 10, line 3 ---	1-34
A	GB 2 122 371 A (CIT ALCATEL) 11 January 1984 (1984-01-11) column 1, line 5 - line 9; figure 1 -----	3,18,25, 29

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/US 03/01782

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0972367	A	19-01-2000	DE 19714650 A1	15-10-1998
			BR 9809750 A	20-06-2000
			DE 59804723 D1	14-08-2002
			EP 0972367 A2	19-01-2000
			WO 9845974 A2	15-10-1998
			ES 2176989 T3	01-12-2002
KR 2000009290	A	15-02-2000	US 6597482 B1	22-07-2003
EP 0688114	A	20-12-1995	US 5550666 A	27-08-1996
			CA 2148630 A1	18-12-1995
			DE 69527890 D1	02-10-2002
			DE 69527890 T2	27-03-2003
			EP 0688114 A1	20-12-1995
			JP 8008878 A	12-01-1996
GB 2122371	A	11-01-1984	FR 2528586 A1	16-12-1983
			JP 59003412 A	10-01-1984

フロントページの続き

(81) 指定国 AP (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SI, SK, TR), OA (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, M X, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW

(72) 発明者 チュ, クワン-ウク

大韓民国・テジョン・ソーク・ダウンサンードン・(番地なし)・ギョンナムー アパートメント
・ 2 0 4 - 8 0 4

(72) 発明者 オウ, テーウォン

大韓民国・テジョン・ユンゴーク・シンスンードン・ 1 3 6 - 1 ・ ナンバー 4 0 2

F ターム(参考) 5K033 AA01 CA17 CC04 DA01 DA15 DB02 DB17 DB22

5K102 AA11 AA15 AD01 AL08 AL16 MB10 MC02 MC04 MD01 MH02

MH12 MH22 MH26 PB02 PB16 PH12 PH15 PH47 PH48